

Dinâmica populacional e avaliação do estado de exploração dos principais recursos haliêuticos de Cabo Verde

Oksana TARICHE* & Albertino MARTINS**

Resumo: Os estudos de dinâmica populacional dos principais recursos pesqueiros foram actualizados e foi re-avaliado o estado dos stocks de garoupa, chicharro e sargo de areia do arquipélago de Cabo Verde. A época de reprodução foi estimada através da análise da evolução mensal do índice gonadosomático. A ogiva de maturação e o L_{50} (tamanho de primeira maturação) foram estimados segundo o modelo logístico e ajustado segundo o método da Máxima Verosimilhança. Foram estimados, ainda, os parâmetros α e β das relações peso – comprimento e aplicado o Teste F para testar as diferenças da relação entre os sexos. No caso das avaliações, a separação das coortes foi feita através da minimização da soma do quadrado dos resíduos, segundo o método de MacDonald e Pitcher de separação de distribuições mistas. Segundo a natureza dos dados, foram aplicados métodos de avaliação diferentes. Para o stock de garoupa, em que uma Análise de População Virtual e uma Análise de Captura e Biomassa Desovante por recruta forma aplicadas, conclui-se que o F_{term} encontra-se aproximadamente ao nível do $F_{0.1}$ e está aquém do $F_{SSBpR40}$. A Biomassa desovante por recruta (SSBpR) actual está aproximadamente a 46% da SSBpR virgem. Estes indicadores apontam para um estado de exploração óptimo. No caso do stock de chicharro, onde se aplicou uma Análise da Curva de Captura o estado de exploração é considerado como moderado, uma vez que o F_{term} está aquém dos pontos de referência $F_{0.1}$ e $F_{SSBpR40}$. A SSBpR actual constitui aproximadamente 50 % da SSBpR virgem. Para o stock de sargo de areia, as análises apontam para uma exploração a níveis bastante intensos, uma vez que o F_{term} está ao nível de F_{max} , e excede o $F_{SSBpR40}$ em aproximadamente 40%. A SSBpR actual constitui aproximadamente 32 % da SSBpR virgem.

Palavras-chave: Época de Desova, Ogiva maturação, separação de coortes, VPA, Análise da Curva de Captura,

* oksana.tariche@indp.gov.cv, ** albertino.martins@indp.gov.cv

Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP)

Departamento de Investigação Haliêutica e Aquacultura (DIHA), C.p 132, Mindelo S.Vicente, Cabo Verde

Introdução

Uma das vertentes fundamentais da investigação pesqueira é o estudo da biologia básica e da dinâmica populacional dos recursos haliêuticos. O seu objectivo final é fornecer aos pescadores, aos gestores de pescarias e ao público em geral uma informação rigorosa sobre o estado de exploração dos recursos. Para isto, são estudadas as mais diversas facetas ou aspectos dos recursos haliêuticos, sendo cada um desses aspectos objecto de estudo das diversas áreas da Biologia Pesqueira.

O desenvolvimento e aplicação de modelos de dinâmica populacional e avaliação de stock é uma das vertentes

principais da Biologia Pesqueira. Essencialmente, resume e utiliza a informação de todos os estudos de base (distribuição, abundância, idade e crescimento, ciclo reprodutivo, recrutamento, mortalidade natural e mortalidade por pesca, selectividade, etc.) e modela o comportamento das populações exploradas, para entender o seu comportamento e determinar o seu estado de exploração.

No presente trabalho, faz-se um resumo dos resultados dos estudos mais recentes da dinâmica populacional e das actualizações das avaliações de stock de alguns dos principais recursos pesqueiros de Cabo Verde.

Material e métodos

Dados de base

Os dados provenientes das amostragens da pesca comercial (até 2007) foram a base para os estudos realizados. Basicamente, os dados são constituídos por registos de comprimento (até o cm inferior), de peso individual (em gramas), de sexo, estado de maturação e peso gonadal, para as diversas espécies. Ainda, constituíram dados de base alguns dos resultados de trabalhos anteriores (Tariche, 2003; Martins, 2005; Tariche & Martins, 2005).

Métodos

Segundo a natureza e qualidade dos dados disponíveis, foram aplicados métodos já considerados clássicos em cada um dos estudos de dinâmica populacional e nas avaliações realizadas.

Dinâmica reprodutiva

Os estudos do ciclo reprodutivo das espécies exploradas são fundamentais, entre outros, para o estabelecimento da época de reprodução e da ogiva de maturação, com a estimativa consequentemente, do tamanho/ idade de maturação sexual

Para cada uma das espécies estudadas, foi determinada a época de reprodução através da análise da variação mensal do índice gónado-somático.

O índice gónado-somático (IGS) foi calculado da seguinte forma (King, 1995):

$$IGS = 100 * \left(\frac{PG}{PT} \right)$$

onde PG é o peso das gónadas, em gramas, e PT é peso total do indivíduo, também em gramas.

Para cada uma das espécies sob análise, foram estimadas as ogivas de maturação sexual. O modelo utilizado foi o logístico (Haddon, 2001):

$$p_l = \frac{1}{1 + e^{-(l-l_{50})/\delta}}$$

onde

- p_l é a proporção de indivíduos maturos por classe de comprimento,
- l , l_{50} e δ são os parâmetros do modelo.
- L_{50} é o tamanho de primeira maturação sexual,

Os parâmetros do modelo foram estimados através do ajuste não linear do modelo logístico aos dados observados, minimizando a função de verosimilhança da equação binominal (Haddon, 2001):

$$-\ln L = \sum_l (y_l \ln p_l + (n_l - y_l) \ln(1 - p_l))$$

onde n_l é o número de peixes amostrados com a classe de comprimento l , e y_l é o total de peixes maturos amostrados.

Relação peso-comprimento

Foram estimadas as relações peso-comprimento do tipo:

$$W = q \times L^b$$

onde W = peso total médio, em gramas, por classe de comprimento, q e b são os

parâmetros do modelo, ajustados mediante ferramentas de regressão não linear.

Para verificar se existiam diferenças nos parâmetros das relações peso-comprimento estimadas para fêmeas e para machos utilizou-se o teste F para a Análise da Soma de Quadrados dos Resíduos (Zar, 1984). (hipótese nula: a não existência de diferenças nos parâmetros calculados entre sexos ($H_0: p_1 = p_2$) e o nível de significância adotado foi de 5%). A estatística de teste utilizada foi a seguinte:

$$F = \frac{\frac{(SQR_y - SQR_x)}{(DF_y - DF_x)}}{\frac{SQR_x}{DF_x}}$$

onde,

$SQR_x = \sum_{i=1}^K SQR_i$, i.e, o total da soma de quadrados dos resíduos

$$DF_x = \sum_{i=1}^K (n_i - 2),$$

n_i = numero de indivíduos, k = número de parâmetros a comparar;

SQR_y = Soma de quadrados dos resíduos dos dados combinados (fêmeas e machos) das curvas em comparação;

$$DF_y = \sum_{i=1}^K n_i - k$$

Crescimento em comprimento

As curvas de crescimento em comprimento para todas as espécies estudadas foram obtidas através do modelo de von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1997):

$$L_t = L_{inf} \times (1 - e^{(-K \times (t - t_0))})$$

onde,

- L_{inf} é o comprimento assintótico,
- k é o coeficiente de crescimento ou parâmetro de curvatura,
- t_0 é a idade teórica à qual corresponde um comprimento igual a zero, parâmetro de condição inicial.

Taxas Instantâneas de Mortalidade natural

Em biologia pesqueira, a mortalidade é usualmente expressa em taxas instantâneas. No presente estudo utilizaram-se dois métodos diferentes para a sua determinação: um baseado na longevidade das espécies e outra na idade de primeira maturação sexual.

Método de Rikhter e Efanov

O método de Rikhter e Efanov (1976 in Cadima, 2000) descreve a dependência da mortalidade natural, da idade de primeira maturação.

$$M = \frac{1.521}{(t_{50})^{0.720}} - 0.155$$

onde, t_{50} é a idade de primeira maturação sexual calculada através da função inversa da equação de von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1997) usando os comprimentos de primeira maturação sexual (L_{50}).

Ambos métodos apenas fornecem uma ideia muito aproximada e grosseira da M.

Separação de coortes e re-estimação dos parâmetros de crescimento

Utilizou-se o Método de Mac Donald & Pitcher para a estimação do número de coortes e para a re-estimação dos parâmetros de crescimento a partir das distribuições das frequências de comprimento e de estimativas iniciais dos parâmetros K , L_{∞} e t_0 . (ver Tariche & Martins 2007)

Avaliação do estado de exploração

Para avaliar o estado de exploração dos recursos, foram estimados o F_{term} , segundo dois métodos: a Análise de População Virtual (no caso da garoupa), e a Análise das Curvas de Captura (no caso do chicharro e do sargo de areia). Para as três espécies aplicaram-se os modelos de Captura por recruta (YpR) e de Biomassa Desovante por Recruta ($SSBpR$) para comparar o estado actual com os pontos de referência biológica.

Resultados

Dinâmica reprodutiva

Os resultados do estudo da dinâmica reprodutiva para as espécies estudadas estão resumidos nas figuras 1, 2 e 3 e nas tabelas 1,2.

Segundo a Tabela 1, das espécies alvo de estudo, apenas a dobrada se reproduz o ano inteiro, tendo o comportamento típico de um reprodutor parcial, sendo que nas amostragens encontram-se fêmeas maduras, em quase a mesma proporção, sempre alta, ao longo de todo o ano.

Algumas espécies têm um período de reprodução (que inclui a maturação e a desova) longo, entre 8 a 9 meses, sendo que os meses mais frios (de Novembro/Dezembro até Fevereiro/Março) parecem ser de repouso ou inactividade sexual. Neste caso encontramos espécies piscícolas como o chicharro, o sargo de areia, a cavala preta. A moreia preta apresenta um padrão muito semelhante, mas a época de repouso é marcadamente o primeiro trimestre do ano. Para o chicharro, a época de desova acontece com maior força nos período de Julho a Outubro, para o sargo – de Junho a Agosto e para a cavala preta – de Agosto a Outubro.

Tabela 1: Períodos de desova e respectivas épocas de reprodução para diferentes espécies capturadas em Cabo Verde

Espécie	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Chicharro												
Garoupa												
Sargo de Areia												
Cavala Preta												
Dobrada												
Samonete												
Lagosta Rosa												
Moreia												

Tendo em conta a qualidade dos dados disponíveis, o tamanho de primeira maturação sexual (L_{50}) foi estimado para algumas das espécies alvo de estudo (Figuras 1,2 e 3).

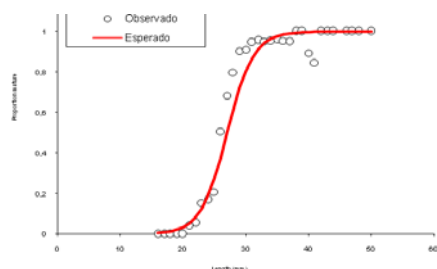


Figura 1: Ogiva de maturação para a garoupa ($L_{50}= 27$ cm)

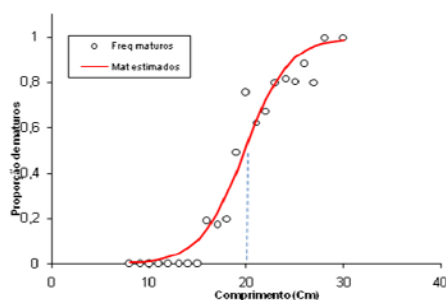


Figura 2: Ogiva de maturação para o chicharro ($L_{50}=20$ cm)

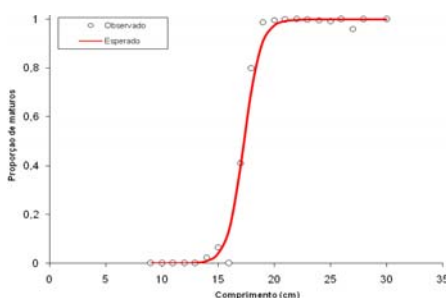


Figura 3: Ogiva de maturação para a dobrada ($L_{50}=17$ cm)

As outras três espécies em estudo apresentaram um período reprodutivo mais curto, de 5 meses, como no caso da garoupa e a lagosta rosa, e de seis meses, como no caso do salmonete, sendo sempre no segundo semestre do ano. O período de desova da garoupa vai de Agosto a Outubro.

Relação peso – comprimento

Os parâmetros das relações peso-comprimento para cada espécie alvos de estudo, assim como os resultados do teste F para a diferença entre os sexos, estão resumidos na tabela 2

Tabela 2: Parametros das relações peso comprimento e R^2 e do teste F para diferentes espécies estudada

	<i>a</i>	<i>b</i>	r^2	Teste F
Chicharro	0.011	3.14	0.91	$F > F_c$
Cavala	0.007	3.169	0.94	$F < F_c$
Sargo de Areia	0.022	2.95	0.97	$F < F_c$
Dobrada	0.031	2.85	0.94	$F < F_c$
Salmonete	0.026	2.86	0.92	$F < F_c$

Verificou-se que para apenas uma espécie (chicharro) a diferença da relação é, entre os sexos, estatisticamente significativa. Deste modo, excepto para o chicharro, uma única relação peso-comprimento (para fêmeas e machos juntos) é considerada para todas as outras espécies piscícolas. Para a garoupa reteve-se o resultado anterior em que uma análise de variância ANOVA foi aplicada para testar os efeitos de vários factores (sexo, ano, mês) e para estimar q e b , concluindo-se que, mesmo quando a diferença era, nalguns casos, estatisticamente significativa (sobretudo quando se analisa o factor “ano”), esses factores não explicavam a variabilidade dos dados, considerando uma relação única para todos os sexos, anos e meses (Tariche, 2003).

Crescimento em comprimento

Para todas as espécies estudadas assumiu-se o modelo de von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1997): para estimar as curvas de crescimento em comprimento

Assumiram-se valores iniciais dos parâmetros de crescimento para as três espécies alvo de estudo, a saber:

- para a garoupa – os obtidos por Tariche (2003);
- para o chicharro e o sargo de areia, os obtidos por Martins e Tariche (2005).

Os mesmos foram re-estimados seguindo o método de MacDonald e Pitcher (1979), tendo-se obtido os resultados os resultados discriminados nas tabelas....

Taxas Instantâneas de Mortalidade natural

As taxas instantâneas de mortalidade natural (M), estimadas para as três espécie avaliadas segundo do método de *Rickter e Evanov* (tabelas 3, 4 e 5). Contudo, é de salientar que estas estimativas são muito grosseiras, sendo necessário testar o efeito da utilização do M nos modelos de avaliação onde as mesmas sejam aplicadas (análises de sensibilidade).

Avaliação do estado de exploração

Os dados de entrada utilizados nos modelos de VPA, YpR e SSBpR estão resumidos nas tabelas 3, 4 e 5 os mesmos resultam de estudos de avaliação anteriores e/ ou das suas actualizações.

Tabela 3: Dados de entrada utilizados nos modelos de VPA, YpR e SSBpR para a avaliação do stock de garoupa (tomados de Tariche 2003)

Parâmetros	Método
K^1	0.12 ano ⁻¹
L_{∞}^1	62.9 cm
t_0^1	-0.12 ano
Nº coortes	7
α	$6.7 \cdot 10^{-3}$
β	3.20
Ogiva de maturação	Estimada
Padrão de pesca	Estimado
M	0.38
F_{term}	0.33
	VPA

Tabela 4: Dados de entrada utilizados nos modelos de YpR e SSBpR para a avaliação do stock de chicharro (tomados de Martins e Afonso-Dias e Tariche, 2005)

Parâmetros	Método
K^2	1.13 ano ⁻¹
L_{∞}^2	22.8 cm
t_0^2	-0.19 ano
Nº coortes	3
α	$1.1 \cdot 10^{-2}$
β	3.12
Ogiva de maturação	Estimada
Padrão de pesca	Fio de navalha
M	1.28
F_{term}	0.48
	Assumido, com $t_c = 1$ ano
	Rikhter & Efanov
	An. Curva de Captura

Tabela 5: Dados de entrada utilizados nos modelos de YpR e SSBpR para a avaliação do stock de sargo de areia.

Parâmetros	Método
K	0.1 ano ⁻¹
L_{∞}	40.5 cm
t_0	-2.06 ano
Nº coortes	9
α	$1.7 \cdot 10^{-3}$
β	3.01
Ogiva de maturação	Estimada
Padrão de pesca	Assumido
M	0.30
F_{term}	0.52
	Assumido, com $t_c = 3$ anos
	Rikhter & Efanov
	An. Curva de Captura

¹ Parâmetros re-estimados usando o método de McDonald & Pitcher, a partir de estimativas iniciais de leituras de otólitos.

² Parâmetros re-estimados , a partir de estimativas iniciais de Martins, 2005.

Resultados

Os resultados das avaliações feitas são apresentados em forma de gráficos (Figuras 4, 5 e 6) e tabelas 6, 7 e 8, para cada uma das espécies por separado.

Tabela 6: Resultados das análises de VPA, YpR e SSBpR para o stock de garoupa. (F_t =F terminal; F_m =F máximo)

F_t	$F_{0.1}$	F_m	$F_{SSBpR40}$	NSSBpR _{virg}
0.38	0.33	0.56	0.42	46 %

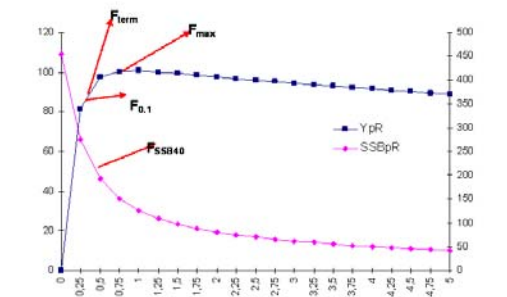


Fig. 4: Resultados das análises de VPA, YpR e SSBpR para o stock de garoupa

Tabela 5: Resultados das análises da Curva de Captura, YpR e SSBpR para o stock de chicharro. (F_t =F terminal; F_m =F máximo)

F_t	$F_{0.1}$	F_m	$F_{SSBpR40}$	NSSBpR _{virg}
0.56	0.91	0.94	0.68	50%

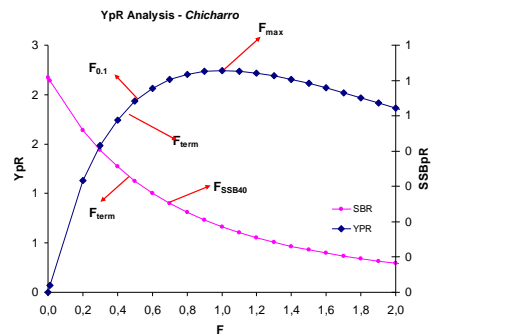


Fig. 5: Resultados das análises da Curva de Captura, YpR e SSBpR para o stock de chicharro

Tabela 7: Resultados das análises da Curva de Captura, YpR e SSBpR para o stock de sargo. (F_t =F terminal; F_m =F máximo)

F_t	$F_{0.1}$	F_m	$F_{SSBpR40}$	NSSBpR _{virg}
0.55	0.36	0.54	0.37	32%

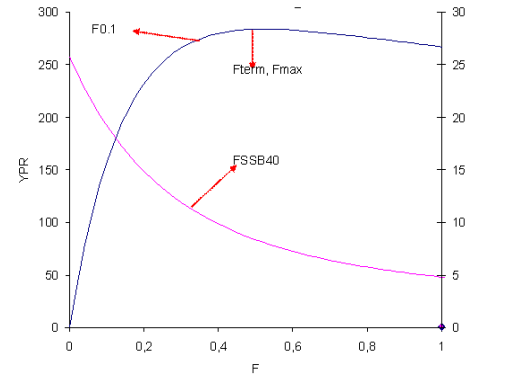


Fig. 6: Resultados das análises da Curva de Captura, YpR e SSBpR para o stock de sargo de areia.

Tabela 8: Resultados das análises de VPA, YpR e SSBpR para os stocks alvo de estudo.

Espécie	F 2007	YpR/SSBpR			
		$F_{0.1}$	F_{Max}	SSB_{40}	$F_{SSBpR act}$
<i>Selar crumenophthalmus</i> (Chicharro)	0,56	0,91	0,94	0,68	48%
<i>Cephalopholis taniops</i> (Garoupa)	0,38	0,35	0,56	0,33	40%
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Sargo d'areia)	0,55	0,36	0,54	0,37	33%

Como no caso das avaliações feitas em 2005, na ausência de dados fiáveis de esforço de pesca e CPUE, assim como de estimativas provenientes de campanhas científicas, foram aplicados modelos simples, mas de menor fiabilidade.

O modelo de Captura e de Biomassa Desovante-por-Recruta têm várias limitações, que resultam das clássicas assumpções que são feitas: assume-se que o stock se encontra em equilíbrio com a mortalidade por pesca a que é submetido, o que por sua vez implica que o recrutamento é constante (Haddon, 2001). Também assume-se que a taxa instantânea

de mortalidade natural assim e parâmetros de crescimento mantêm-se constantes para todas as coortes. Contudo, e na impossibilidade de aplicar modelos mais fiáveis, a comparação da estimativa do F_{term} com as estimativas dos pontos de referência biológica permitiu actualizar o estado de exploração dos stocks alvo de estudo. dadas as incertezas relacionadas com o tipo de modelo utilizado e as limitações a ele inerente, estes resultados, não entanto, deverão ser tomados com reservas,.

A actualização da avaliação do stock de garoupa mostra uma intensificação da mortalidade por pesca, sendo então desaconselhável aumentar o esforço de pesca. No ano 2007 o F_{term} ultrapassa ligeiramente ao nível do $F_{0.1}$ e do $F_{SSBpR40}$. A Biomassa desovante por recruta (SSBpR) actual está a aproximadamente 40% da SSBpR virgem, 6% menos do que o nível obtido na avaliação anterior (Tariche e Martins 2005).

No caso da avaliação do stock de chicharro, o estado de exploração é considerado como moderado, com tendências para intensificar-se, uma vez que o F_{term} está aquém dos pontos de referência $F_{0.1}$ e $F_{SSBpR40}$. A SSBpR actual constitui aproximadamente 48 % da SSBpR virgem. Tendo em conta estes resultados e as características inerentes a este tipo de recurso (taxa de mortalidade natural alta, crescimento rápido e longevidade relativamente curta), podemos afirmar que o stock poderia suportar sem grandes problemas um aumento do esforço de pesca de aproximadamente 20%.

Para o stock de sargo de areia, as análises feitas apontam para uma exploração a níveis para além dos recomendáveis, uma vez que o F_{term} está ao nível de F_{max} – a

mortalidade por pesca máxima que o stock poderia suportar sem pôr em risco as suas capacidades de renovação. O F_{term} supera o $F_{0.1}$ e o $F_{SSBpR40}$ e a SSBpR actual constitui aproximadamente 33 % da SSBpR virgem. Deste modo, desde o ponto de vista biológico, seria aconselhável uma redução da mortalidade por pesca a que o stock está sendo submetido.

Conclusões e recomendações

Os estudos de dinâmica populacional e de avaliação de stocks são a base das recomendações de exploração e gestão e consequentemente, dos planos de gestão pesqueira. Os resultados do presente trabalho constituirão a base do Plano de Gestão dos Recursos da Pesca para o biénio 2009-2010.

Não entanto, os dados de base e os tipos de modelos utilizados determinam a fiabilidade e a aplicabilidade prática dos resultados obtidos. Dai, a nossa principal recomendação vai no sentido de melhorar as estratégias e planos de amostragem, redireccionando-os para a recolha dos dados de base que permitirão a aplicação de modelos mais fiáveis e complexos, tais como os modelos de produção geral com a inclusão da composição etária do stock e as análises de Captura-por-idade. Isto implicará, necessariamente, a implementação de estudos de determinação de idade e do crescimento a traves de estruturas rígidas.

Em termos de recomendações práticas de gestão, tendo em conta todas as limitações e incertezas do modelo utilizado, recomenda-se que no caso dos stocks de garoupa e de sargo de areia não seja incrementado o esforço de pesca. Dada a variabilidade do seu recrutamento, no caso

do stock de chicharro e recomenda-se prudência no aumento do esforço e um acompanhamento constante da pescaria.

Agradecimentos

O nosso especial agradecimento a todos os técnicos profissionais do INDP, tanto àqueles que recolhem os dados de esforço e captura nos pontos de desembarque, como àqueles que realizam as amostragens biológicas. As informações e dados por eles recolhidos são a base deste e de futuros trabalhos de avaliação que venham a ser feitos.

Referências bibliográficas

- Haddon, M. 2001. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. *Chapman&Hall/CRC Press, Boca Raton* : 406 p.
- INDP. 1994-2001. *Boletins Estatísticos: Dados sobre Pesca Artesanal, Pesca Industrial, Conservas e Exportações*. Mindelo – São Vicente, Cabo Verde.
- King, M. 1995. Fisheries biology: assessment and management. Fishing News Books. 341 pp.
- Macdonald, P. D.M. and Pitcher T.J. 1979. Age-Groups from Size - Frequency Data: A Versatile and Efficient Method of Analysing Distribution Mixtures. *J. Fish Res. Board Can.* 36 : 987-1001
- Martins, A. 2005. Aspectos da Pesca e da Biologia de Olho-largo, *Selar crumenophthalmus* (Bloch, 1973), em Cabo Verde. Relatório da disciplina de estágio do curso de Biologia
- Marinha e Pescas; FCMA - Universidade do Algarve: 36 p.
- Pajuelo, J. G.; Lorenzo J. M.; Coca M. e Ramos A.G. 2000. Determination of age and growth of the striped seabream *Lithognathus mormyrus* (Sparidae) in the Canarian archipelago by otolith readings and backcalculation. *Sci. Mar.*, 66(1): 27-32.
- Stefánsson, G. 1992. Note on the stock-dynamics and assessments of the Icelandic cod. ICES. C. M. 1992/G: 71
- Tariche, O. 2003. Life history and stock assessment of the African hind *Cephalopholis taeniops* (Valenciennes, 1828) in São Vicente – São Nicolau insular shelf of the Cape Verde archipelago. Marine Research Institute. Reykjavik.